




## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 14 535.4  
**Anmeldetag:** 31. März 2003  
**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
München/DE  
**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur Unter-  
suchung der Funktion von Gefäßen  
**IPC:** A 61 B 5/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. November 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**

Im Auftrag



Holz

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Untersuchung der Funktion von Gefäßen

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Untersuchung der Funktion, insbesondere der Reaktionsfähigkeit von Gefäßen eines Patienten durch Erzeugen einer Gefäßverengung oder -erweiterung.

10

Für viele klinische Fragestellungen bei Erkrankungen der Gefäße, insbesondere der peripheren Gefäße ist ein Untersuchungsverfahren erforderlich, das es ermöglicht, die Reaktionsfähigkeit der Gefäßmuskulatur und der Gefäßinnenwand (Endothel), die eine Verengung oder Erweiterung der Gefäße ermöglicht, messtechnisch zu erfassen. Besonders wünschenswert sind dabei Verfahren, die nicht invasiv sind, keine ärztliche Indikation erfordern und die auch durch nicht ärztliches medizinisches Personal durchgeführt werden können.

20

Ein mögliches Anwendungsgebiet für das vorgeschlagene Verfahren und die Vorrichtung ist die Diagnose der sogenannten Schaufensterkrankheit. Diese Krankheit äußert sich durch heftige Wadenschmerzen nach dem Gehen einer bestimmten Wegstrecke, die zum Stehen bleiben zwingen und wegen der in Ruhe noch ausreichenden Durchblutung der Muskulatur nach einigen Minuten verschwinden, um bei erneuter Belastung wieder aufzutreten. Für diese Krankheit sind zumeist arterielle Verschlusskrankheiten der Beine ursächlich.

30

Es sind bereits Medikamente bekannt, die zu einer kurzfristigen und zeitlich begrenzten Verengung oder Erweiterung der Gefäße führen, z.B. Nitropräparate. Diese haben jedoch Nebenwirkungen und bedürfen grundsätzlich einer ärztlichen Indikation. Darüber hinaus dürfen sie nur von einem Arzt verabreicht werden und verlangen nach Überwachungsmaßnahmen wie die Messung des Blutdrucks oder der Pulsfrequenz. Ein weite-

35

rer Nachteil ist darin zu sehen, dass während einer Untersuchung keine Wechselbeanspruchungen möglich sind, z.B. wäre es wünschenswert, die Gefäße zu erweitern, zu verengen, wieder zu erweitern und so weiter.

5

Der Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, ein Verfahren zur Untersuchung der Funktion von Gefäßen zu schaffen, das eine zuverlässige Diagnose gestattet und auch durch nicht ärztliches Personal durchgeführt werden kann.

10

Zur Lösung dieses Problems ist bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass das zu untersuchende Körperteil mit einem Mittel zum lokalen Erwärmen oder Abkühlen kontrolliert erwärmt oder abgekühlt und der Blut- oder Körperflüssigkeitsstrom durch das oder die erwärmungs- oder kühlungsbedingt erweiterten oder verengten Gefäße in diesem Körperteil messtechnisch erfasst wird.

15

20

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann eine zuverlässige Messung der Reaktionsfähigkeit von Gefäßen erfolgen, indem das Verhalten der zu untersuchenden Körperteile bei einem Kälte- oder Wärmereiz untersucht wird. Die Erwärmung von Gefäßen führt generell zu einer Ausdehnung, was in einer entsprechenden Änderung des Durchflusses resultiert. Andererseits bewirkt eine Abkühlung eine Kontraktion der Gefäße, die ebenso messtechnisch erfasst werden kann. Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, dass für die Anwendung kein Arzt erforderlich ist, was zu verringerten Untersuchungskosten führt.

25

30

35

Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass als Mittel zum Erwärmen des zu untersuchenden Körperteils eine Strahlungsquelle, insbesondere ein Heizstrahler verwendet wird. Vorzugsweise wird während der Durchführung des Verfahrens die Temperatur des zu untersuchenden Körperteils, z.B. an der Hautoberfläche, erfasst, so dass daraus eine Beziehung zwischen der

Temperaturänderung und der Änderung des Flüssigkeitsstroms abgeleitet werden kann.

5 Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann auch vorgesehen sein, dass ein Peltier-Element zum Erwärmen oder Abkühlen verwendet wird. Bei dieser Variante erfolgt die Erwärmung oder Abkühlung durch elektrischen Strom.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren kann besonders sicher und zuverlässig durchgeführt werden, wenn als Mittel zum Erwärmen oder Abkühlen eine an das zu untersuchende Körperteil anlegbare, temperierbare Auflage verwendet wird.

15 Die Auflage kann gezielt auf eine bestimmte Temperatur gebracht werden, so dass das zu untersuchende Körperteil zumindest an seiner Oberfläche diese Temperatur in kurzer Zeit annimmt.

20 In einer Weiterbildung des Erfindungsgedankens kann es vorgesehen sein, dass die Auflage von einem temperierbaren Fluid durchströmt wird. Vorzugsweise wird dabei ein Gas oder eine Flüssigkeit als Fluid verwendet. Bei der Verwendung einer Flüssigkeit ergibt sich eine besonders gleichmäßige und schnelle Wärmeübertragung.

25 Es ist auch möglich, dass das Fluid bei dem erfindungsgemäßen Verfahren in einem an die Auflage angeschlossenen Vorratsbehälter gespeichert wird. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass die gesamte Fluidmenge eine homogene Temperatur  
30 besitzt, so dass die Untersuchung besonders präzise vorgenommen werden kann. Dabei ist es besonders zweckmäßig, wenn bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Heiz- und/oder Kühleinrichtung als Mittel zum Einstellen der Fluidtemperatur verwendet wird. In diesem Fall kann die medizinische Fachkraft  
35 die gewünschte Fluidtemperatur einstellen, die oberhalb oder unterhalb der Körpertemperatur liegen oder der Körpertemperatur entsprechen kann.

In weiterer Ausgestaltung des Erfindungsgedankens kann es vorgesehen sein, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wenigstens zwei Vorratsbehälter für unterschiedliche Fluidtemperaturen verwendet werden. Das Gefäß kann dann Wechselbeanspruchungen durch ein kaltes und ein warmes Fluid unterzogen werden, so dass das Verhalten der sich erweiternden und verengenden Gefäße untersucht werden kann. Dazu ist es besonders zweckmäßig, wenn die an das zu untersuchende Körperteil anzulegende Auflage über ein Ventil selektiv mit einem der Vorratsbehälter verbunden wird. Wenn zwischen dem warmen Fluid und dem kalten Fluid umgeschaltet werden soll, wird das Ventil betätigt, so dass das Fluid aus dem jeweils anderen Vorratsbehälter entnommen wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann weiter verbessert werden, wenn das Fluid über eine zwischen der Auflage und dem beziehungsweise den Vorratsbehältern angeordnete Rücklaufleitung im Kreislauf gefördert wird. Dadurch wird einerseits der Fluidverbrauch minimiert, da das Fluid in einem geschlossenen Kreislauf bewegt wird, andererseits kann das erwärmte oder abgekühlte Fluid weiterverwendet werden, so dass die für die Abkühlung oder Aufheizung aufzuwendende Energie minimal ist.

Es ist besonders günstig, wenn bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Wasser oder Öl als Fluid verwendet wird. Die Verwendung von Öl ist dann vorteilhaft, wenn der Patient durch Magnetresonanztomographie untersucht werden soll, da in diesem Fall das Field-of-View auf das eigentliche Körperteil beschränkt werden kann. Öl wird im MR abgebildet, weil es ein MR-Signal liefert. Das kann störend sein, weil man das im MR-Bild gar nicht sehen will. Es kann aber auch erwünscht sein, wenn man mit MR über die Variation der Relaxationszeiten die Temperatur messen will, z.B. zur Kontrolle.

Bei einem alternativen Verfahren kann auch vorgesehen sein, dass eine für Magnetresonanztomographie inerte Flüssigkeit als Fluid verwendet wird. Vorzugsweise handelt es sich dabei

um eine fluorierte Kohlenstoffverbindung, die nicht leitend und nicht ferromagnetisch ist und keine Protonen besitzt.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann es auch vorgesehen  
5 sein, dass das Fluid mittels einer Steuerung der Heiz-  
und/oder Kühlereinrichtung temperiert wird. Diese Steuerung  
kann beispielsweise in einem Gehäuse der Heiz- und/oder Küh-  
lereinrichtung untergebracht sein, es ist jedoch auch mög-  
lich, dass sie Teil eines externen Geräts, beispielsweise ei-  
10 nes PCs, ist.

In weiterer Ausgestaltung des Erfindungsgedankens kann es bei  
dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass die  
Fluidtemperatur an dem zu untersuchenden Körperteil mittels  
15 eines Temperaturfühlers gemessen wird. Dieser Temperaturfüh-  
ler kann innerhalb der Auflage, die an das zu untersuchende  
Körperteil angelegt wird, angeordnet sein, alternativ kann  
der Temperaturfühler auch auf der Außenseite der Auflage an-  
gebracht sein.

20 Besonders gute Ergebnisse lassen sich durch das erfindungsge-  
mäßige Verfahren erzielen, wenn die von einem Fluid durchström-  
te Auflage mit einem externen Gerät, insbesondere einer Mag-  
netresonanztomographieanlage oder einer Röntgen-Computertomo-  
graphieanlage gekoppelt wird. Durch die Kopplung wird ein Da-  
25 tenaustausch zwischen der von dem Fluid durchströmten Anlage  
und dem externen Gerät ermöglicht, so dass die Temperaturda-  
ten eines bestimmten Zeitpunkts den Untersuchungsdaten zuge-  
ordnet werden können. Dadurch erhält man den Temperaturver-  
30 lauf und die dadurch hervorgerufene Reaktion der Gefäße des  
Patienten als Funktionen der Zeit. Es ist daher zweckmäßig,  
dass auch der Temperaturverlauf des Fluids als Funktion der  
Zeit aufgezeichnet wird.

35 Um die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens weiter zu  
vereinfachen, kann für die Auflage ein mit Magnetresonanztom-  
ographie verträgliches Material, insbesondere Polytetraflu-

orethylen verwendet werden. Dieses Material verursacht keinerlei Störungen im Untersuchungsbild.

5 Erfindungsgemäß kann es auch vorgesehen sein, dass bei dem Verfahren mehrere Auflagen verwendet werden, die an mehreren Seiten des zu untersuchenden Körperteils angelegt werden. Bei bestimmten Körperteilen ist es sinnvoll, eine Manschette als Auflage zu verwenden, z. B. bei der Untersuchung der Beine.

10 Es wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren besonders bevorzugt, dass der Flüssigkeitsstrom mittels Magnetresonanztomographie gemessen wird. Dabei kann der Flüssigkeitsstrom in axialen Schnitten des zu untersuchenden Körperteils gemessen werden. Es ist auch möglich, dass der Flüssigkeitsstrom mit  
15 Time-of-Flight-MR-Angiographie gemessen wird. Alternativ kann der Flüssigkeitsstrom mit Phasenkontrast-Angiographie gemessen werden.

Insbesondere wenn Magnetresonanztomographie benutzt wird, ist  
20 bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, dass dem Patienten vor der Messung des Flüssigkeitsstroms ein Kontrastmittelbolus verabreicht wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann der Flüssigkeitsstrom  
25 alternativ zu den bereits erwähnten Verfahren auch mittels Röntgen-Computertomographie oder mittels digitaler Subtraktionsangiographie gemessen werden.

Um eine Diagnose des Verhaltens, insbesondere der Reaktionsfähigkeit, des Gefäßes vornehmen zu können, wird erfindungsgemäß die Querschnittfläche des Gefäßes aus dem gemessenen  
30 Flüssigkeitsstrom errechnet.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Temperieren  
35 eines Körperteils zur Untersuchung der Funktion, insbesondere der Reaktionsfähigkeit von Gefäßen eines Patienten durch Er-

zeugen einer Gefäßverengung oder -erweiterung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

5 Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst eine an das zu untersuchende Körperteil anlegbare, von einem Fluid durchström-  
bare Auflage und ein Mittel zum Einstellen der Fluidtempera-  
tur.

10 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unter-  
ansprüchen angegeben.

Der Erfindungsgedanke umfasst auch alle sinnvollen Kombinati-  
onen von Merkmalen, auch wenn diese nicht explizit erwähnt  
sind.

15

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand  
eines besonders geeigneten Ausführungsbeispiels unter Bezug-  
nahme auf die Figuren beschrieben. Dabei zeigt:

- 20 FIG 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemä-  
ßen Vorrichtung mit zwei Vorratsbehältern für das  
Fluid und einer Untersuchungsmanschette für einen  
Patienten, der mittels Magnetresonanztomographie  
untersucht wird; und
- 25 FIG 2 eine schematische Darstellung von Messwerten des  
Flüssigkeitsstroms und des Gefäßdurchmessers in Ab-  
hängigkeit von der Temperatur.

Die in Figur 1 dargestellte Vorrichtung 1 besteht im Wesent-  
30 lichen aus einem Gehäuse 2, in dem ein erster Vorratsbehälter  
3 und ein zweiter Vorratsbehälter 4 für ein Fluid unterge-  
bracht sind. Der Vorratsbehälter 3 ist mit kaltem Wasser be-  
füllt, er kann auch direkt an eine Wasserzapfstelle ange-  
schlossen sein. Der Vorratsbehälter 4 ist für erwärmte Fluide  
35 vorgesehen, dazu besitzt er in seinem Inneren eine Heizspira-  
le 5, durch die das Fluid erwärmt wird. Außerdem sind in den  
Vorratsbehältern 3, 4 in Figur 1 nicht dargestellte Tempera-



turfühler bzw. Thermostate angeordnet, die mit einer Steuerung 6 in dem Gehäuse 2 der Vorrichtung 1 verbunden sind.

Von den Vorratsbehältern 3, 4 führen jeweils Leitungen 7, 8 zu einem Ventilblock 9, der selektiv eine der Leitungen 7, 8 mit einer Zulaufleitung 10 verbindet. Der Ventilblock 9 wird von der Steuerung 6 betätigt, die entweder den Vorratsbehälter 3 oder den Vorratsbehälter 4 mit der Zulaufleitung 10 verbindet, so dass das Fluid mittels einer innerhalb des Gehäuses 2 angeordneten Pumpe 11 gefördert wird.

Die Zulaufleitung 10 umfasst wenigstens einen Fluidschlauch, es kann auch vorgesehen sein, dass die Zulaufleitung als Schlauchpaket ausgebildet ist und weitere Leitungen, etwa zur Übertragung von Sensorsignalen umfasst. Das Ende der Zulaufleitung 10 ist an eine Auflage in Form einer Manschette 12 angeschlossen, die das Bein eines Patienten 13 umschließt. Die Manschette 12 besteht aus einem mit Magnetresonanztomographie verträglichen Material, in dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist sie aus Polytetrafluorethylen hergestellt. An oder in der Manschette 12 ist ein Mittel zur Erfassung der Temperatur angeordnet, dabei kann es sich im einfachsten Fall um einen elektrischen Temperatursensor 14 handeln, es ist jedoch auch möglich, die Oberflächentemperatur berührungslos zu messen, um Störungen bei der MR zu vermeiden.

Der Patient 13 liegt während der Untersuchung auf einer Liege eines MR-Tomographiegeräts, das in Figur 1 schematisch durch die angedeuteten Magneten 15, 16 dargestellt ist. Es handelt sich dabei um einen herkömmlichen Magnetresonanztomographen, der auch als Kernspintomograph bezeichnet wird und für vielfältige Untersuchungen eingesetzt werden kann.

An die Manschette 12 ist eine Ablaufleitung 17 angeschlossen, über die das Fluid zu einem Abfluss geführt wird, insbesondere dann, wenn Wasser als Fluid benutzt wird. Wenn jedoch ein Öl oder eine fluorierte Kohlenstoffverbindung als Fluid be-

nutzt werden, wird das Fluid zur Wiederverwendung aufgefangen oder in den jeweiligen Vorratsbehälter 3, 4 zurückgeführt, in dem es ggf. wieder erwärmt oder abgekühlt wird.

5 Die Manschette 12 ist so ausgebildet, dass sie in ihrem Inneren praktisch vollständig von dem Fluid durchflossen wird, so dass sich eine konstante Temperatur an der Manschette 12 einstellt und diese Temperatur an das zu untersuchende Körperteil des Patienten 13 übertragen wird. Die Oberflächentemperatur der Manschette 12 oder der Haut des Patienten 13 wird  
10 dabei mit dem Temperatursensor 14 erfasst, dessen Messwert entweder über eine in Fig. 1 nicht dargestellte Leitung oder drahtlos an die Steuerung 6 übertragen wird. Während der Untersuchung wird laufend die aktuelle Temperatur durch den  
15 Temperatursensor 14 ermittelt und von der Steuerung 6 gespeichert. Über eine Datenleitung 18 kann die Steuerung 6 die Messwerte mit einem externen Gerät austauschen. Dabei kann es sich beispielsweise um einen PC oder die Bedieneinheit eines MR-Geräts oder um ein vergleichbares Gerät handeln.

20

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird für die Untersuchung eine Flüssigkeit benutzt, die MR-inert ist, d. h. sie ist nicht leitend, nicht ferromagnetisch und besitzt keine Protonen. Für diesen Zweck ist ein fluorierter Kohlenstoff  
25 besonders geeignet.

Die Untersuchung beginnt mit einer Erwärmung des zu untersuchenden Beins des Patienten 13. Das Fluid in dem Vorratsbehälter 4 ist durch die Heizspirale 5 auf eine erhöhte Temperatur gebracht worden, der Ventilblock 9 befindet sich in der  
30 in Figur 1 dargestellten Lage und durch die Pumpe 11 wird das Fluid durch die Zulaufleitung 10 zu der Manschette 12 gepumpt, die sich daraufhin erwärmt, was zu einer Erwärmung des Beins des Patienten 13 führt. In diesem Zustand wird mittels  
35 Magnetresonanztomographie ein Bild des zu untersuchenden Körperteils mit den Gefäßen erzeugt. Dazu werden mehrere Aufnahmen, die in Axialrichtung versetzt sind, durchgeführt. Aus

diesen erfassten Bilddaten kann der Durchmesser eines oder mehrerer Gefäße ermittelt werden. Mit diesem bekannten Durchmesser kann nach dem Gesetz von Hagen-Poiseuille der Flüssigkeitsstrom als Volumenstrom berechnet werden. Neben dem

5 Durchmesser des Gefäßes muss der Druckunterschied  $\Delta p$  zwischen den beiden untersuchten Schnitten sowie der Abstand der beiden Schnitte bekannt sein. Der Flüssigkeitsstrom kann mit MR ohne Kontrastmittel gemessen werden, z. B. mit Time-of-Flight-MR-Angiographie oder mit Phasenkontrastangiographie.

10

Alternativ kann der Flüssigkeitsstrom mit MR nach der Verabreichung eines Kontrastmittels gemessen werden.

15

Dabei können nacheinander mehrere Kontrastmittelboli verabreicht werden, wenn sich an dem zu untersuchenden Körperteil ein thermisches Gleichgewicht eingestellt hat. Aus den unterschiedlichen Flüssen wird die absolute oder relative Querschnittsfläche oder der Durchmesser oder Radius eines oder mehrerer Blutgefäße errechnet. Der Flüssigkeitsstrom ist zur

20 4. Potenz des Durchmessers beziehungsweise des Radius des Gefäßes proportional. In peripheren Gefäßen ist die Strömung immer laminar, so dass das erwähnte Gesetz von Hagen-Poiseuille angewendet werden darf.

25

Um das zu untersuchende Gefäß einer Wechselbeanspruchung zu unterziehen, wird es nach dieser ersten Messung abgekühlt. Dazu wird von der Steuerung 6 ein entsprechendes Schaltsignal an den Ventilblock 9 gegeben, der daraufhin den Vorratsbehälter 3 mit dem kalten Fluid mit der Zulaufleitung 10 verbindet.

30 det. Anschließend wird das kalte Fluid durch die Leitung 10 und die Manschette 12 gepumpt, so dass sich das zu untersuchende Körperteil des Patienten 13 abkühlt. Wenn sich ein thermisches Gleichgewicht eingestellt hat, wird wiederum eine MR-Messung durchgeführt. Anschließend kann eine dritte Untersuchung mit einer wiederum geänderten Temperatur durchgeführt werden. Es ist auch möglich, die Geschwindigkeit der Reaktion

35

des Gefäßes in Beziehung zur Temperatur zu setzen, um eine Aussage über den Zustand der Gefäße zu erhalten.

In der Steuerung 6 sind verschiedene Standarduntersuchungsprogramme gespeichert, die automatisch ablaufen und keine Eingriffe des Bedienpersonals erfordern. Es ist jedoch auch möglich, Untersuchungsprogramme manuell einzugeben. Die Auswertung der Daten kann von einer Recheneinheit der Vorrichtung 1 übernommen werden, es ist jedoch auch möglich, die Daten über die Datenleitung 18 an einen PC oder an die MR-Anlage zu übertragen, um gegebenenfalls eine Korrelation mit den MR-Daten vorzunehmen und die Untersuchungsdaten auszuwerten. Grundsätzlich kann jedoch auch aus den gewonnenen MR-Daten alleine ein Untersuchungsergebnis abgeleitet werden, indem wenigstens zwei Messungen bei unterschiedlichen Temperaturen miteinander verglichen werden.

Mit der Vorrichtung 1 und dem Verfahren wird eine reproduzierbare und hochgenaue Analysemöglichkeit der Funktionstüchtigkeit von Gefäßen ohne Kontrastmittel und ohne Verabreichung weiterer Medikamente geschaffen. Die Verengung und Erweiterung von Gefäßen unter Temperatureinfluss kann direkt gemessen werden, indem der Durchmesser der Gefäße aus den Bildern entnommen wird. Diese Aufgabe wird manuell oder automatisch durch ein Softwareprogramm ausgeführt. Alternativ oder zusätzlich kann der Durchmesser und die Änderung des Durchmessers aus dem Flüssigkeitsstrom ermittelt werden.

Fig. 2 zeigt Beispiele für Messwerte des Flüssigkeitsstroms und des Gefäßdurchmessers in Abhängigkeit von der Temperatur des jeweiligen Gefäßes. Die Kurvenverläufe sind schematische Darstellungen und zeigen jeweils Messwerte eines gesunden und eines kranken Patienten.

Die untere Kurve zeigt den Gefäßdurchmesser eines kranken Patienten. Der Durchmesser erhöht sich bei steigender Temperatur nur geringfügig, was auf eine Erkrankung der Gefäße hin-

deutet. Demgegenüber ist bei der darüber liegenden Kurve eine stärkere Zunahme des Gefäßdurchmessers zwischen der niedrigen Temperatur und der erhöhten Temperatur festzustellen, woraus geschlossen werden kann, dass die Gefäße gesund sind.

5

Die beiden oberen Kurven zeigen die Flüssigkeitsströme eines kranken und eines gesunden Patienten in Abhängigkeit von der Temperatur. Dabei ist auffällig, dass der Flüssigkeitsstrom bei dem kranken Patienten überwiegend unterhalb dem des gesunden Patienten liegt.

10

Grundsätzlich ist bereits eine der beiden Kurven für die Diagnose ausreichend, da der Flüssigkeitsstrom und der Gefäßdurchmesser über die Formel von Hagen-Poiseuille miteinander verknüpft sind.

15

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Untersuchung der Funktion, insbesondere der Reaktionsfähigkeit von Gefäßen eines Patienten durch Erzeugen einer Gefäßverengung oder -erweiterung, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das zu untersuchende Körperteil mit einem Mittel zum lokalen Erwärmen oder Abkühlen kontrolliert erwärmt oder abgekühlt und der Blut- oder Körperflüssigkeitsstrom durch das oder die erwärmungs- oder kühlungsbedingt erweiterten oder verengten Gefäße in diesem Körperteil messtechnisch erfasst wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass als Mittel zum Erwärmen eine Strahlungsquelle, insbesondere ein Heizstrahler, verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass ein Peltierelement zum Erwärmen oder Abkühlen verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass als Mittel zum Erwärmen oder Abkühlen eine an das zu untersuchende Körperteil anlegbare temperierbare Auflage verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Auflage von einem temperierbaren Fluid durchströmt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass ein Gas oder eine Flüssigkeit als Fluid verwendet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Fluid in einem an die Auflage angeschlossenen Vorratsbehälter gespeichert wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine  
Heiz- und/oder Kühleinrichtung als Mittel zum Einstellen der  
Fluidtemperatur verwendet wird.

5

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , dass wenigstens zwei Vor-  
ratsbehälter für unterschiedliche Fluidtemperaturen verwendet  
werden.

10

10. Verfahren nach Anspruch 9, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass die Auflage über ein Ventil  
selektiv mit einem der Vorratsbehälter verbunden wird.

15

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , dass das Fluid über eine  
zwischen der Auflage und dem bzw. den Vorratsbehältern ange-  
ordnete Rücklaufleitung im Kreislauf gefördert wird.

20

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass Wasser  
oder Öl als Fluid verwendet wird.

25

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine für  
Magnetresonanztomographie inerte Flüssigkeit als Fluid ver-  
wendet wird.

30

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine  
fluorierte Kohlenstoffverbindung als Fluid verwendet wird.

35

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Flu-  
id mittels einer Steuerung der Heiz- und/oder Kühleinrichtung  
temperiert wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 15, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Flu-  
idtemperatur an dem zu untersuchenden Körperteil mittels ei-  
nes Temperaturfühlers gemessen wird.

5

17. Verfahren nach Anspruch 16, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass der Temperaturverlauf des  
Fluids aufgezeichnet wird.

10

18. Verfahren nach einem Ansprüche 5 bis 17, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , dass die von dem Fluid  
durchströmte Auflage mit einem externen Gerät, insbesondere  
einer Magnetresonanztomographieanlage oder einer Röntgen-  
Computertomographieanlage gekoppelt wird.

15

19. Verfahren nach einem Ansprüche 4 bis 18, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , dass für die Auflage ein mit  
Magnetresonanztomographie verträgliches Material, insbesonde-  
re Polytetrafluorethylen, verwendet wird.

20

20. Verfahren nach einem Ansprüche 4 bis 19, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , dass mehrere Auflagen ver-  
wendet werden, die an mehreren Seiten des zu untersuchenden  
Körperteils angelegt werden.

25

21. Verfahren nach einem Ansprüche 4 bis 20, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , dass eine Manschette als  
Auflage verwendet wird.

30

22. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der  
Flüssigkeitsstrom mittels Magnetresonanztomographie gemessen  
wird.

35



23. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass der  
Flüssigkeitsstrom in axialen Schnitten des zu untersuchenden  
Körperteils gemessen wird.

5

24. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass der  
Flüssigkeitsstrom mit Time-of-Flight-MR-Angiographie gemessen  
wird.

10

25. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass der  
Flüssigkeitsstrom mit Phasenkontrast-Angiographie gemessen  
wird.

15

26. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass dem  
Patienten vor der Messung des Flüssigkeitsstroms ein Kon-  
trastmittelbolus verabreicht wird.

20

27. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass der  
Flüssigkeitsstrom mittels Röntgen-Computertomographie gemes-  
sen wird.

25

28. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass der  
Flüssigkeitsstrom mittels digitaler Subtraktionsangiographie  
gemessen wird.

30

29. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass die  
Querschnittsfläche des Gefäßes aus dem gemessenen Flüssig-  
keitsstrom errechnet wird.

35

30. Vorrichtung zum Temperieren eines Körperbereichs zur Un-  
tersuchung der Funktion, insbesondere der Reaktionsfähigkeit

von Gefäßen eines Patienten durch Erzeugen einer Gefäßverengung oder -erweiterung, insbesondere nach einem Verfahren der Ansprüche 1 bis 29, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , dass die Vorrichtung (1) eine an das zu  
5 untersuchende Körperteil anlegbare, von einem Fluid durchströmbare Auflage und ein Mittel zum Einstellen der Fluidtemperatur umfasst.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, d a d u r c h  
10 g e k e n n z e i c h n e t , dass das Fluid eine Flüssigkeit oder ein Gas ist.

32. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder 31, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , dass das Fluid in einem mit  
15 der Auflage über eine Leitung (10) verbundenen Vorratsbehälter (3, 4) gespeichert ist.

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 32, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Mittel  
20 zum Einstellen der Fluidtemperatur eine Heiz- und/oder Kühleinrichtung ist.

34. Vorrichtung nach Anspruch 33, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass die Heiz- und/oder die  
25 Kühleinrichtung am oder in dem Vorratsbehälter (3, 4) angeordnet ist bzw. sind.

35. Vorrichtung nach Anspruch 33 oder 34, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , dass die Heiz- und Kühlein-  
30 richtung ein Peltierelement ist.

36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 35, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass wenigstens  
zwei Vorratsbehälter (3, 4) für unterschiedliche Fluid-  
35 temperaturen vorgesehen sind.

37. Vorrichtung nach Anspruch 36, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass die Auflage über ein Ventil  
(9) selektiv mit einem der Vorratsbehälter (3, 4) verbindbar  
ist.

5

38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 37, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Flu-  
id über eine zwischen der Auflage und dem bzw. den Vorratsbe-  
hältern (3, 4) angeordnete Rücklaufleitung (17) im Kreislauf  
förderbar ist.

10

39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 38, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Flu-  
id Wasser oder Öl ist.

15

40. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 39, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Flu-  
id ein für Magnetresonanztomographie inertes Material ist.

20

41. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 40, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Flu-  
id eine fluorierte Kohlenstoffverbindug ist.

25

42. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 41, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass sie eine  
Steuerung (6) aufweist, durch die das Fluid nacheinander auf  
verschiedene Temperaturen aufheizbar oder abkühlbar ist.

30

43. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 42, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Auf-  
lage wenigstens einen Temperaturfühler (14) zur Erfassung der  
Fluidtemperatur des zu untersuchenden Körperteils aufweist.

35

44. Vorrichtung nach Anspruch 42 oder 43, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , dass die Steuerung (6) einen  
Speicher zum Abspeichern des zeitlichen Verlaufs der erfass-  
ten Temperaturen umfasst.

45. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 44, da -  
durch gekennzeichnet, dass die Vor-  
richtung (1) mit einem externen Untersuchungsgerät, insbeson-  
dere mit einer Magnetresonanztomographieanlage oder einer  
5 Röntgen-Computertomographieanlage, koppelbar ist.

46. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 45, da -  
durch gekennzeichnet, dass die Auf-  
lage aus einem mit Magnetresonanztomographie verträglichen  
10 Material, insbesondere aus Polytetrafluorethylen, besteht.

47. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 46, da -  
durch gekennzeichnet, dass die Vor-  
richtung (1) mehrere Auflagen umfasst, die an mehreren Seiten  
15 des zu untersuchenden Körperteils anlegbar sind.

48. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 47, da -  
durch gekennzeichnet, dass die Auf-  
lage als Manschette (12) ausgebildet ist.

## Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Untersuchung der Funktion von Gefäßen

5

Verfahren zur Untersuchung der Funktion, insbesondere der Reaktionsfähigkeit von Gefäßen eines Patienten durch Erzeugen einer Gefäßverengung oder -erweiterung, wobei das zu untersuchende Körperteil mit einem Mittel zum lokalen Erwärmen oder

10 Abkühlen kontrolliert erwärmt oder abgekühlt und der Blut- oder Körperflüssigkeitsstrom durch das oder die erwärmungs- oder kühlungsbedingt erweiterten oder verengten Gefäße in diesem Körperteil messtechnisch erfasst wird.

15 FIG 1

FIG 1

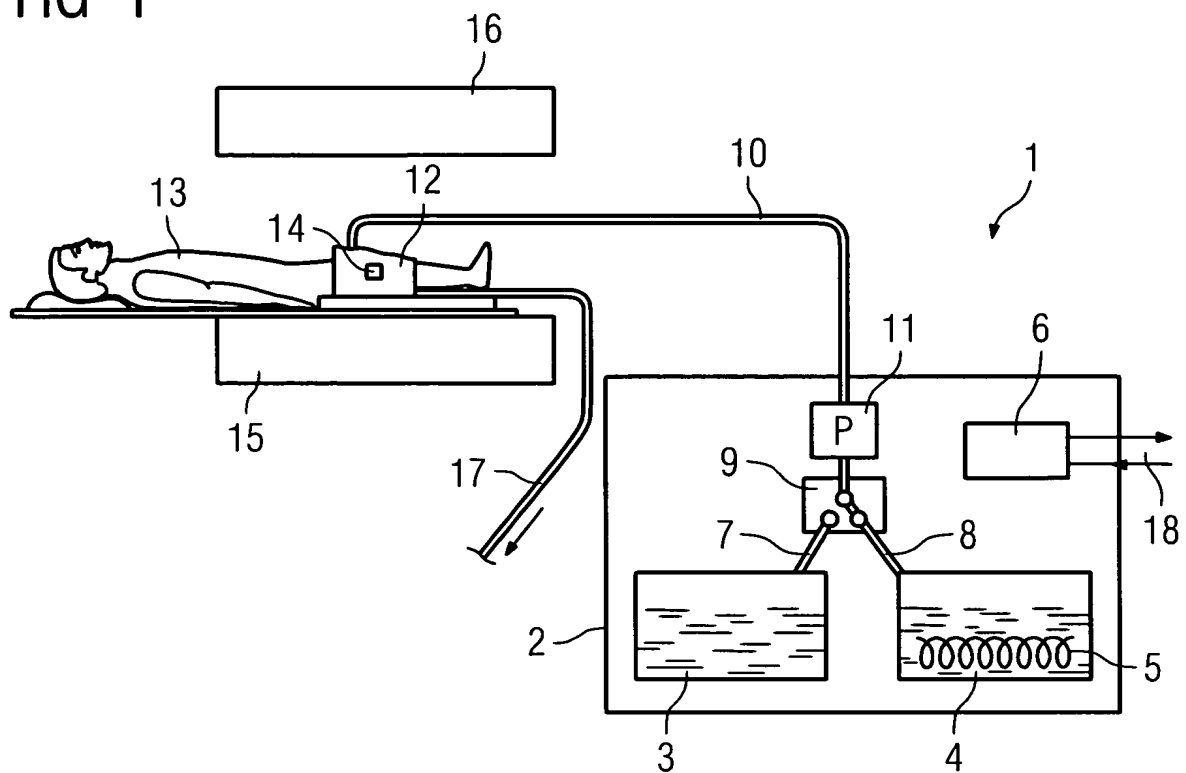


FIG 2

